

V.

Ueber die Salzigkeit des Meers;

von

GAY - LUSSAC.

Frei ausgezogen von Gilbert. *)

Ein ausgezeichnetener Seeofficier, Hr. Lamarche, hatte im vorigen Jahre (1816) von seiner Rückfahrt von Rio Janeiro nach Frankreich Proben von Meerwasser aus verschiedenen Breiten mitgebracht, und übergab sie mir zu Versuchen. Sie waren an der *Oberfläche* des Meers geschöpft worden, und befanden sich in gläsernen mit Korkstöpseln verschlossenen größtentheils verpichteten Flaschen.

Ich hatte anfangs die Absicht, die Natur und das Verhältniß der Salze aufzusuchen, welche das Meerwasser enthält; Hr. John Murray's mit sehr viel Fleiß gemachte Analyse des Wassers aus dem *Firth of Forth* (dem tief in das östliche Schottland hineingehenden Meerbusen) schien mir aber diese Untersuchung überflüssig zu machen. Nach ihr enthält dieses Meerwasser in 100 Gewichtstheilen:

*) Aus dessen *Annal. de Chim.* t. 6 und t. 7 1817. G.

salzfaures Natron	2,180 Gwth.
salzsaure Magnesia	0,486
salzsauren Kalk	0,078
schwefelf. Natron	0,350
	<hr/> 3,094

Ich habe mich daher begnügt, von jeder Probe das specif. Gewicht und die Menge der Salze, welche sie enthielt,

zu bestimmen. Diese Versuche sind in meinem Laboratorium von Hrn. Despretz mit aller möglichen Sorgfalt gemacht worden. Das specif. Gewicht wurde gefunden durch Wiegen derselben Flasche erst leer, dann voll destillirtem Wasser und darauf voll Meerwasser, stets bei der gleichen Temperatur von 8° C. (6 $\frac{1}{2}$ ° R.)

Die ganze Menge der Salze läßt sich durch Zerlegung finden, nach Art des Hrn. Murray; es ist aber einfacher und genauer sie durch Abdampfen und Erhitzen bis zum dunkeln Rothglühen zu bestimmen. Und dazu ist ein Kolben, dessen Hals man unter einem Winkel von etwa 45° neigt, ein sehr bequemes Geräth. So bald die Salze sich abzusetzen anfangen, muß man ihn über dem Feuer immerfort hin und her bewegen, um die stoßweisen Aufwallungen zu verhindern. Beim Kochen kann nichts herausgeworfen werden, und der Rückstand würde also genau das Gewicht der Salze geben, entbände sich nicht während des Kochens Salzsaure durch Zersetzung eines Theils der in dem Meerwasser enthaltenen salzsauren Magnesia. Die Menge der entwichenen Säure läßt sich ohne Schwierig-

keit durch die Menge der Magnesia bestimmen, welche, wenn man den salzigen Rückstand des Abdampfens, in Wasser auflöst, unaufgelöst zurück bleibt; denn das Verhältniß, worin Salzsäure und Magnesia sich mit einander verbinden, ist bekannt. Da aber die Menge der zurückbleibenden Magnesia zu klein ist, als daß man sie einzeln genau bestimmen könnte, so haben wir alle Rückstände zusammen gethan, die Magnesia von ihnen gemeinschaftlich getrennt, und dann jedem Rückstande nach Verhältniß seines Gewichts seinen Antheil an ihr zugeschrieben. Und da es sehr wahrscheinlich ist, daß diese Basis im Meerwasser als Chlorin - Magnium vorhanden ist, so habe ich das Gewicht jedes Rückstandes verbessert durch Abziehen der Menge des in seiner Magnesia enthaltenen Sauerloffs, und durch Zufügen des Gewichts Chlorine, welche erfordert wird, um die Menge von Magnium, die der Magnesia entspricht, zu sättigen. Die Resultate sind in der folgenden Tafel enthalten:

Ort des Schöpfens		Des Meerwassers	
Breite	Länge	Dichtigkeit bei 8° C.	Salzrückstand aus 100 Gth. Meerwasser, verbesserter
Calais *)		1.0278	3.48 Gewth.
35° N.	17° W.	1.0290	3.67
31 50'	23 53'	1.0294	3.63

*) Von mir selbst mitten im Kanal zwischen Calais und Dover geschöpft. G. L.

Ort des Schöpfens.		Des Meerwassers	
Breite	Länge	Dichtigkeit bei 8° C.	Salzrückstand aus 100 Gth. Meerwasser, verbesserter
29° 4'	25° 1'	—	3,66 Gewth.
21 0	28 25	1,0288	3,75
9 59	19 50	1,0272	3,48
6 0	19 55	1,0273	3,77
3 2	21 20	1,0275	3,57
0 0	23 0	1,0283	3,67
5 2 S.	22 36	1,0289	3,68
8 1	5 16	1,0286	3,70
12 59	26 56	1,0294	3,76
15 3	24 8	1,0284	3,57
17 1	28 4	1,0291	3,71
20 21	37 5	1,0297	3,75
23 55	43 4	1,0293	3,61
Mittel		1,0286	3,65 *)

Die Dichtigkeiten weichen ein wenig und auf eine unregelmäßige Weise von einander ab, ungeachtet wir alle Sorgfalt angewendet, und sie oft mehrmals hinter einander bestimmt haben. Auch in der Menge der Salze zeigen sich kleine Variationen, die nicht immer den Variationen in der Dichtigkeit entsprechen, welches indeß vielleicht nur daher rührt, daß sie nicht genau bis auf einerlei Grad gegläht worden sind. Das Mittel aus allen

*) Und mit Ausschluss des bei Calais geschöpften Wassers 1,0287 und 3,665.

Dichtigkeiten ist 1,0286, und aus dem Salzgehalte 3,65 in 100 Gewichtstheilen.

Ist es erlaubt, einige Folgerungen aus diesen Versuchen zu ziehen, so würde ich aus den *Dichtigkeiten* schließen, daß im atlantischen Meere in der Breite von Calais und in 10° nördl. Breite *Minima* im Salzgehalte Statt finden *), indem dieser Gehalt unter 35° und 32° nördl. Breite größer ist, und daß vom Aequator südwärts der Salzgehalt allmählig zunimmt, und in 17 bis 24° südl. Breite derselbe als in 35 und 32° nördl. Breite ist. Die *Salzrückstände* geben dieselben *Minima* für die Salzigkeit des Meers in der Breite von Calais und in 10° nördl. Breite, und in der Südhalfte eine stärkere Salzigkeit als in der Nordhalfte der Erde. Aus Dichtigkeit und Salzgehalt scheint also zu erhellen, daß im Kanal der Manche und in 10° nördl. Breite das atlantische Meer minder salzig als an allen andern Stellen ist, und daß die südliche Hälfte dieses Meers die nördliche etwas an Salzigkeit übertrifft. Doch es ist nöthig diese Resultate erst mit denen zu vergleichen, welche andere Chemiker und Reisende erhalten haben, ehe man sich irgend eine allgemeine Folgerung daraus zu ziehen erlauben darf.

Nach der neuen Analyse des Hrn. Murray wür-

*) Das Wasser in dem eingeschlossenen Kanal zwischen England und Frankreich ist doch wohl unter zu verschiedenen Umständen mit dem im Weltmeer, um so geradehin demselben an die Seite gestellt werden zu können. *Gill.*

de das Wasser aus dem *Firth of Forth* in Schottland nur 3,094 Gewth. Salz in 100 Gewthn. enthalten; dieses Resultat ist aber gewiß zu gering, und wäre es genau, so läßt es sich wenigstens nicht mit denen zusammenstellen, welche aus dem offenen Meere herrühren, und bewiese, daß der Salzgehalt dieses Meerbusens durch die Flüsse, die sich in denselben ergießen, verändert wird. Lord Mulgrave (Kapit. Phipps) fand in den viel nördlicheren Breiten von 60, 74 und 80° die Salzigkeit des Meers in 120 Meter Tiefe 3,40, 3,60, 3,54; das von *Pagès* in verschiedenen Breiten von 45° nördl. bis 50° südl. Breitengeschöpfte Meerwasser enthielt überall ungefähr 4 Proc. Salze; Bergmann fand in Meerwasser, das aus der Nähe der kanarischen Inseln herrührte 3,60, und die HH. Bouillon-Lagrange und Vogel in Wasser des Oceans aus den Höhen von Dieppe und Bayonne 3,60 und 3,80, und im Wasser des mittelländischen Meers Marseille gegenüber 4,10 Procent Salze. Daß die von verschiedenen Personen erhaltenen Resultate nicht besser zusammen stimmen, erklärt sich leicht aus der verschiedenen Art, wie sie verfahren sind; alle stimmen jedoch wenigstens dahin überein, daß der mittlere Salzgehalt des Meers 3,5 Procent ist, welchem auch mein Freund Hr. von Humboldt beistimmt *). Ob und wie der Grad

*) In der Handschrift zu der neuen Auflage seines *Tableau des regions equat.* heisst es: „Nach sorgfältiger Prüfung der auf der letzten Reise Cook's (siehe Cavendish's Ab-

der Salzigkeit sich mit der Breite wirklich verändert, ist schwer zu bestimmen. Die Dichtigkeiten der von Hrn. Lamarche mitgebrachten Proben befolgen kein regelmäßiges Gesetz; Bladh glaubte zu finden, die Dichtigkeit des Meerwassers, und also auch der Salzgehalt desselben, sey unter den Wendekreisen größer als unter dem Aequator; John Davy's Versuchen geben sie unter dem nördlichen Wendekreise etwas größer als unter dem südlichen, zwischen 30 und 55° Breite aber auf beiden Halbkugeln gleich; und Hr. von Humboldt glaubte sich mit einem vortrefflichen Aräometer Dollonds versichert zu haben, daß das Meer zwischen den Wendekreisen minder salzig als zwischen der spanischen Küste und Teneriffa sey. Aus so verschiedenen Bestimmungen sollte man schließen, der Salzgehalt des großen Weltmeers sey nur sehr wenig verschieden, wo nicht überall derselbe. Hr. Freyoinet hat den Auftrag, von seiner

handl. in Bayley's *Original astronom. Obs.* p. 345) glaube ich aus ihnen schließen zu dürfen, *erstens* daß zwischen 60° nördl. und 40° süd. Breite das salzigste Meerwasser 0,0387, und das am mindesten salzige 0,0322 Salz enthält; *zweitens* daß in der südlichen Halbkugel das Meerwasser im Ganzen etwas weniger salzig als in der nördlichen ist; *drittens* daß es keineswegs ausgemacht ist, daß das Meer zwischen den Wendekreisen einen größern Salzgehalt als zwischen 25 bis 45° Breite hat; und *viertens* daß der Grad der Länge wenigstens eben so viel Einfluss als der Grad der Breite auf den Salzgehalt des Meers hat, weil es Längengreifen, Flüsse milder salzigen Wassers, giebt, welche den Ocean durchströmen.“

Erdumseglung Proben Meerwassers aus beiden Halbkugeln in Flaschen mit eingeriebenen Stöpfeln mitzubringen, und nach seiner Zurückkunft werden sich hoffentlich diese Räthsel lösen.

Nach theoretischen Gründen kann in der That der Salzgehalt des Meers nach Verschiedenheit der Stellen nicht bedeutend verschieden seyn, abgesehen von einigen örtlichen Ursachen und besonders von den Flüssen, die ihn allerdings sehr verändern können. Nur wenn die in einerlei Niveau befindlichen Wasserschichten einerlei Dichtigkeit haben, findet Ruhe und Gleichgewicht im Meere Statt; man hat daher geschlossen, daß bei der Abnahme der Temperatur vom Aequator nach den Polen, das Meerwasser verhältnißmäßig desto mehr Salz enthalten müsse, je mehr es durch die Wärme ausgedehnt sey. Dieser Schluß ist zwar gegründet, aber 15 bis 20° Wärme verändern, wie Hr. von Humboldt bemerkt, die Dichtigkeit des Wassers so wenig, daß dieses nur eine völlig unmerkbare Verschiedenheit in der Salzigkeit nach sich ziehen würde, so daß wir das Meer als von ungefähr gleichem Salzgehalt an allen Orten ansehen dürften.

Es können indeß noch andere Ursachen die Salzigkeit des Meers verändern. Längs den Küsten ergießen die Flüsse jährlich in dasselbe große Massen süßen Wassers, während die Verdünnung an der ganzen Oberfläche gleichmäßig vor sich geht. Wären daher die Meere in völliger Ruhe, so müßte bald eine bedeutende Verschiedenheit in dem Salz-

gehalte an den Küsten und im offenen Meere enthalten; durch die Strömungen, welche stets im Meere Statt finden, wird aber der Salzgehalt immer wieder ins Gleiche gebracht. Ich zweifle daher nicht, daß an Orten, wo keine Strömungen sind, das Meer salziger als irgendwo anders ist, und daraus scheinen sich mir die mehr oder minder salzigen Ströme zu erklären, welche nach Hrn. von Humboldt's Meinung das offene Meer durchkreuzen. Wären die Regen und die Menge des verdunstenden Wassers verschieden, so müßte auch dieses die Salzigkeit des offenen Meers verändern; ich glaube aber, daß in der That in den nördlichen Gegenden mehr Wasser aus der Atmosphäre herabfällt als verdunstet, weil alle südlichen Winde mehr Feuchtigkeit dort hin bringen, als die Nordwinde nach den Wendekreisen zurückführen; und dadurch würde also die Salzigkeit nach dem Aequator zu vermehrt werden.

Eingeschlossene Meere müssen aus ähnlichen Gründen einen ganz andern Salzgehalt als das offene Weltmeer haben. In der That ist so z. B. die Dichtigkeit des Wassers der *Ostsee* zwischen Laland und Femern nach Hrn. von Buch nur $1,009\frac{1}{4}$ bei 19° C., und nach den HH. Lichtenberg, Pfaff und Link enthält es in 100 Gewth. nur 1,18 Gewth. Salz, ist also nur den dritten Theil so salzig, als das Wasser des Oceans. Die Ostsee erhält daher mehr Wasser als sie verliert, und muß sich beständig fort durch den Sund in das Nordmeer ergießen. Dagegen verliert das *mittelländische Meer*, (ist anders die Ana-

lyse der HH. Bouillon-Lagrange und Vogel genau) mehr Wasser durch Verdunstung, als es von den Flüssen und aus der Atmosphäre erhält, und es muß in diesem Fall der Ocean, vielleicht auch das schwarze Meer, dasselbe mit Wasser versehen; ein Schluß, der jedoch nur erst gültig seyn dürfte, wenn man Wasser von vielen Stellen desselben zerlegt haben wird. Diese Beispiele zeigen wenigstens, wie interessant es wäre, den Salzgehalt der Binnenmeere genau zu kennen.

In Wasser, das in völliger Ruhe ist, findet Gleichgewicht in den obern Schichten, sowohl bei gleichförmiger Dichtigkeit der ganzen Wassermasse, als bei zunehmender Dichtigkeit von der Oberfläche herabwärts Statt, und im letztern Fall würde das Wasser in der Tiefe an Salzigkeit zunehmen. Gesezt aber, es habe ursprünglich einerlei Dichtigkeit überall in der ganzen Ausdehnung der Meere Statt gefunden, so wäre es unmöglich, daß jetzt der Salzgehalt in der Tiefe merklich größer als an der Oberfläche seyn könnte, da die Verdunstung und die Eisbildung, welche an der Oberfläche vor sich gehen, dem Regen und den Flüssen völlig das Gleichgewicht halten. Sehr wahrscheinlich ist der Salzgehalt des Meers an der Oberfläche und am Boden nicht verschieden.

Wie bekannt, haben sehr tiefe Brunnen die mittlere Temperatur der Erde an dem Orte, wo sie gegraben sind. Man denke sich einen solchen sehr tiefen Brunnen mitten in einem ruhigen Meere, z. B.

unter dem Aequator, so müßte auch dieser im Mittel überall, von der Oberfläche bis zum Grunde, dieselbe Temperatur zeigen. Findet sich daher in einem ruhigen Meere eine Abnahme der Temperatur senkrecht herabwärts, woran sich nicht zweifeln läßt, so beweist diese Abnahme nothwendig das Vorhandenseyn von Strömungen, welche aus kältern Klimaten kommen. Das Unregelmäßige in der Masse, Geschwindigkeit und Temperatur dieser Strömungen erklärt hinlänglich die sonderbaren Resultate, welche man über die Abnahme der Temperatur in den Meeren senkrecht herabwärts erhalten hat. Diese Strömungen im Oceane streben, wie die in dem Luftmeere, unaufhörlich ein Gleichgewicht der Temperatur an der Oberfläche unserer Erde hervorzubringen, indem die bei uns aus dem Norden kommenden dahin wirken müssen, die brennende Hitze zwischen den Wendekreisen zu mäßigen, die bei uns aus Süden kommenden aber beitragen, die nördlichen Polargegenden, wo die Sonnenstrahlen keine Kraft mehr haben, zu erwärmen.

N a c h t r a g.

Bei der Behauptung, daß wenn es einen sehr tiefen Brunnen mitten in einem ruhigen Meere, z. B. unter dem Aequator gäbe, die Temperatur an dem Grunde desselben der mittlern Temperatur der Oberfläche gleich seyn müsse, wie man das am Lande wahrnimmt, hatte ich allein das Meer

um den Aequator im Auge, dessen Temperatur an der Oberfläche Tags und Nachts in den verschiedenen Jahreszeiten nicht merklich verschieden ist; denn daß diese Behauptung auf die Meere der gemäßigten und der kalten Zone, deren Temperatur sich mit der Jahres- ja mit der Tageszeit merklich verändert, keine Anwendung finde, fällt in die Augen. In ihnen muß die Temperatur am Boden niedriger seyn, als die mittlere Temperatur der Oberfläche, weil zu dem Boden die kältern und daher dichtern Wasserschichten immerfort herabsinken, während die erwärmten Schichten an der Oberfläche bleiben, und ihre Einwirkung sich nur bis zu kleinen Tiefen herab erstreckt.

Auch muß ich mich über meine Meinung, daß das Wasser am Meersboden in der Regel nicht salziger als das an der Oberfläche sey, rechtfertigen. Die mir bekannten Versuche, welche das Gegentheil beweisen sollen, scheinen mir nicht viel Vertrauen zu verdienen, weil sie nicht mit einander übereinstimmen, und besonders weil ich ein solches Verhalten einer Salzauflösung den chemischen Grundsätzen nicht entsprechend glaube. Es haben mir die HH. d'Arceet und von Humboldt hiergegen Einwürfe gemacht, und sich dabei auf Thatfachen berufen, die meine Meinung völlig widerlegen würden, wenn sie hier Anwendung fänden.

Nach Hrn. d'Arceet findet sich in den großen Behältern, in welchen man die Natron-Auflösungen zur Bereitung der Seife aufzuheben pflegt, die

Auflösung am Boden stets stärker mit dem Alkali als an der Oberfläche geschwängert, auf eine so auffallende Weise, daß jeder Arbeiter dieses bemerkt hat. Hr. von Humboldt beruft sich auf eine ähnliche Bemerkung beim Kochsalze: in den Salzbrunnen ist nämlich das Wasser am Boden reicher an Salz als an der Oberfläche. Diese Thatfachen sollen beweisen, daß sich in diesen Fällen die Salztheilchen allmählig vermöge ihres größern specif. Gewichts von dem Wasser trennen; und Hr. d'Arcet folgert aus ihnen, es sey sehr möglich, daß sich am Boden des Meers bedeutende Massen von Steinsalz vorfinden.

Dieser Schluß würde sehr richtig seyn, hätten wir es im Meere mit einer gesättigten Auflösung zu thun. Daß aber in nicht gesättigten Auflösungen die Salztheilchen sich durch ihr specif. Gewicht von der Flüssigkeit trennen sollten, ist durch keine Thatfache nachgewiesen. Denn in Salzbrunnen dringen mit der Salzquelle zugleich wilde oder weniger reiche Salzwasser ein, und daß diese sich an der Oberfläche halten, ist sehr natürlich. Eben so sind nicht alle Natron-Laugen, die man in die Behälter bringt, von gleicher Stärke, und es müssen sich die stärkern am Boden, die schwächern an der Oberfläche setzen, wie etwas Aehnliches jedes Mal geschieht, wenn man Schwefelsäure auf Wasser gegossen hat, ohne zu schütteln. Die Natur arbeitet im Großen nicht nach andern Grundsätzen, als im Kleinen, und es

sind die Auflösungs-Processe mitten im Meere und in unsern Laboratorien ein und dieselben.

Vor mehrern Jahren habe ich einige Versuche angestellt, welche mich belehren sollten, ob Salz-Auflösungen sich auf eine solche Weise verändern. Ich füllte eine 0,02 Meter weite und 2 Meter lange, an dem einen Ende zugeschmolzte Glasröhre mit einer gesättigten Auflösung Kochsalz, pflropfte sie genau zu, und stellte sie aufrecht in einem Keller. Die Umstände waren also für die Abscheidung des Salzes möglichst vorthellhaft, da die Verwandtschaft des Wassers zum Salze im Sättigungspunkte die kleinste ist. Selbst nach 20 Monaten zeigte sich kein Salz im untern Theil der Röhre abgesetzt.

Ein zweiter Versuch. Es hatte sich am Boden eines Kolben Salpeter schön krySTALLISIRT. Ich kehrte den Kolben, der ganz mit der Mutterlauge angefüllt war, um, setzte ihn in ein Gefäß mit Mutterlauge derselben Art, und ließ ihn so 8 Monat lang im Keller der Königl. Sternwarte stehen, in welchem die Temperatur sich das ganze Jahr über nur um $7\frac{1}{2}^{\circ}$ C. ändert. Am Ende dieser Zeit war an den SalpeterkrySTALLen keine Verminderung sichtbar, und doch würde, wenn die Salztheilchen aus der Auflösung zu Boden gesunken wären, das krySTALLISIRTE Salz mit bloßem Wasser in Berührung gewesen seyn, und würde sich also haben auflösen müssen.

Durch einen dritten Versuch habe ich mich überzeugt, daß wenn man Salz und Wasser in Berührung mit einander bringt, ganz gegen die Mei-

nung einiger Chemiker, ohne Beihülfe von Wärme eine Salzauflösung entsteht, die gerade so stark gesättigt ist, als eine in der Wärme bereitete, welche man eine hinlängliche Zeit über sich hat abkühlen lassen um einelei Temperatur mit der erstern anzunehmen. Ich habe diesen Versuch mehrere Male sowohl mit Salpeter als mit schwefelsaurem Natron angestellt, und dabei keine Verschiedenheit gefunden.

Durch diese Versuche halte ich es für ausgemacht, daß die Salztheilchen einer gesättigten Salzauflösung, die in ihrer Temperatur unverändert bleibt, sich nicht vermöge ihres größern specif. Gewichts abscheiden. Ich möchte sie zugleich für hinreichend erklären, zu beweisen, daß der Salzgehalt des Meers im Ganzen derselbe an der Oberfläche und tiefer herabwärts seyn müsse; doch mögen Andere hierüber entscheiden.

Um dem Einwurf zu begegnen, daß es sich mit nicht gesättigten Salzaufösungen vielleicht anders verhalte, habe ich von ihrem Sättigungspunkte sehr entfernte Auflösungen von Salpeter und von Kochsalz auf die beschriebene Weise in den Keller der Sternwarte gestellt, und werde nach einigen Monaten den Salzgehalt oben und unten in der Röhre untersuchen und den Erfolg bekannt machen.
